

## Aplikasi Proses Pemisahan dengan Membran Mikrofiltrasi dan Reverse Osmosis untuk Menghasilkan Susu Sapi Berkadar Lemak Rendah, Protein Tinggi, dan Air Rendah

**Ronny Kurniawan, Sirin Fairus, Novri, Tifani**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri Itenas Bandung  
Jl. PHH. Mustafa No 23 Bandung 40132, Telp (022)7272215 Fax (022)7202892  
Email : [Kurniawan\\_Itenas@yahoo.co.id](mailto:Kurniawan_Itenas@yahoo.co.id)

### Abstract

*Milk is one of beverages that any consumes by people. It's cause milk contains high protein that can help process of metabolism. Nutrient component contains in milk is energy, protein, fat, carbohydrate, calcium, phosphorous, iron matter, vitamin (A, B1, C) and water. One of milk product prospect to develop is milk with low water degree, low fat degree, high protein degree and have minimum microorganism.*

*Milk process manufacturing generally used for thicken milk by heating is evaporation. Evaporation process is process to evaporate water contents. However, milk will degradation if heating at high temperature and a long time. Condensed alternative of milk besides through evaporation process is through Reverse Osmosis process, while to lessen microorganism and improve nutrient content at milk can be done through Microfiltration process.*

*The aim of this research to get milk product with low water content, low fat, high protein, and minimum microorganism. This research reverse osmosis membrane modules for the process is a spiral-wound, the membrane module to microfiltration process tubulare, and pump is used Diaphragm Pump while variables in this study is the influence of different variations on the press and reverse osmosis equipment bars 5 - 8.5 and microfiltration equipment bars 1 - 4. From result of research obtained for milk result of microfiltration process has lower fat content, higher level protein content, number of slimmer microorganisms, and higher level water content, while from reverse osmosis processing yielded milk with lower water content. Best milk yielded at this research obtained at condition of compress difference bar 4 to microfiltration process and compress difference bar 8 to reverse osmosis process with composition of nutrient content at the milk having fat rate that is too not height that is 2.96 %, high protein rate 6.96 %, number of slimmer microorganisms 60 coloni/ml , and low water content 79.8 % volume.*

**Keyword:** Milk, Microfiltration, Reverse Osmosis, and Nutrient Content.

### Pendahuluan

Susu merupakan salah satu bahan pangan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat karena mengandung protein tinggi untuk membantu proses metabolisme tubuh. Kandungan gizi yang terdapat dalam susu terdiri dari protein, lemak, karbohidrat, kalsium, fosfor, zat besi, vitamin (A, B1, C), dan air.

Susu terbagi atas dua golongan yaitu susu olahan dan susu segar. Susu olahan merupakan susu yang telah melalui berbagai proses, salah satu produk yang dihasilkan diantaranya susu *pasteurisasi*. Susu *pasteurisasi* merupakan susu yang pada umumnya mengalami pengolahan dengan proses pemanasan pada suhu tertentu, dengan tujuan membunuh mikroorganisme yang bersifat patogen sehingga aman untuk dikonsumsi. Susu dengan kadar air rendah dapat diperoleh dengan cara proses pemekatan. Sekarang ini proses pemekatan susu yang biasa digunakan adalah proses *evaporasi*.

Pada umumnya masyarakat cenderung mengkonsumsi susu olahan dibandingkan dengan susu segar. Hal ini disebabkan karena susu olahan telah mengalami perlakuan khusus atau proses tertentu di dalam industri seperti susu bubuk, *full cream*, *low fat*, UHT, dan lain-lain. Di sisi lain tak sedikit pula masyarakat yang mengkonsumsi langsung susu sapi segar. Susu sapi segar memiliki kandungan air yang cukup besar yaitu sekitar 88,3 % per 100 gr air susu sapi segar dan gizi yang terkandung didalamnya sekitar 11,7 % per 100 gr air susu sapi segar.

Teknologi pemisahan dengan membran memiliki banyak keunggulan yang tidak dimiliki oleh metode-metode pemisahan lainnya. Keunggulan teknologi pemisahan dengan membran yaitu sederhana, tidak membutuhkan zat kimia tambahan, dan juga kebutuhan energinya sangat minimum. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh produk susu sapi yang berkadar air rendah, berkadar lemak

rendah, berprotein tinggi, dan jumlah mikroorganismenya minimal.

Produk susu yang dihasilkan diharapkan akan lebih menguntungkan dibandingkan dengan susu cair yang ada dipasaran karena memiliki kadar air yang lebih sedikit dan kandungan gizinya lebih banyak.

Pada penelitian ini menggunakan dua buah membran yaitu membran *mikrofiltrasi* jenis *tubular* dan membran *reverse osmosis* jenis *spiral wound*. Membran *mikrofiltrasi* berfungsi untuk mengurangi kadar lemak dan jumlah mikroorganisme tetapi mempertahankan kadar protein tetap pada susu. Membran *reverse osmosis* berfungsi untuk mengurangi kadar air pada proses pemekatan susu tanpa merubah komposisi yang lainnya.

## Metodologi Penelitian

### Pendekatan Percobaan

Salah satu proses pemisahan membran *mikrofiltrasi* dapat diaplikasikan pada proses pengolahan susu sapi segar sebagai suatu proses pasteurisasi sehingga mampu mempertahankan karakteristik khasnya seperti nilai gizi pada susu. Proses *mikrofiltrasi* merupakan proses pemisahan partikel-partikel dan mikroorganisme dalam larutannya. Proses ini berlangsung dan difasilitasi oleh membran *mikrofiltrasi*. Membran *mikrofiltrasi* memiliki ukuran pori antara  $0.3\ \mu\text{m}$  –  $0.45\ \mu\text{m}$ , sehingga lebih efektif menahan mikroorganisme dan bahan-bahan yang ukurannya lebih besar dari rata-rata ukuran pori karena menahan adsorptif. Mekanisme pemisahan yang terjadi berdasarkan mekanisme *sieving* dan memiliki tekanan (*driving force*) sebesar 1 bar sampai 4 bar. Susu sapi segar dipompakan ke sel pengujian membran tubular sehingga terjadi pemisahan antara *permeate* dan *retentate*. *Permeate* merupakan susu sapi segar yang lolos melalui membran dengan kandungan protein tetap atau lebih tinggi, kandungan lemak lebih rendah, dan jumlah mikroorganisme lebih rendah, sedangkan *retentate* berupa susu sapi segar yang tertahan dan tidak tersaring oleh permukaan membran dengan kandungan protein lebih rendah, kandungan lemak lebih tinggi, jumlah mikroorganisme lebih tinggi.

Proses *reverse osmosis* adalah salah satu pemekatan cairan yang menggunakan media membran *dense* dengan tahanan *hidrodinamik* yang besar. Membran *reverse osmosis* digunakan untuk memisahkan zat terlarut yang memiliki berat molekul rendah. Umumnya besar tekanan kerja yang diterapkan minimal 3 kali lipat tekanan *osmosis* larutan, karena pori membran yang digunakan sangat kecil,

mendekati *dense*, maka mekanisme pemisahan yang terjadi tidak berdasarkan ukuran molekul tetapi lebih berdasarkan mekanisme *solution diffusion*, dimana sebagai *driving force* berupa tekanan yang diberikan oleh *diaphragm pump*, sehingga peristiwa *osmosis* akan terjadi sebaliknya, yaitu perpindahan massa dari larutan pekat ke larutan encer. Dalam hal ini massa yang akan berpindah adalah air, karena membran yang digunakan hanya mampu dilewati oleh air, maka analisis yang dilakukan hanyalah menentukan kadar air yang terdapat pada *retentate*-nya.

Adapun spesifikasi kedua membran dapat dilihat dari tabel dibawah ini:

Tabel 1 Spesifikasi Membra *Mikrofiltrasi*

Spesifikasi	<i>Reverse Osmosis</i>
Modul membran	<i>Spiral Wound</i>
Jenis membran	Komposit
Luas membran	$0.5\ \text{m}^2$
Ukuran pori	
- lapisan dalam	$9\ \mu\text{m}$
- lapisan tengah	$0.4\ \mu\text{m}$
- lapisan luar	$0.03\ \mu\text{m}$
<i>Packing density</i>	$600\ \text{m}^2/\text{m}^3$
Prinsip pemisahan	mekanisme <i>Solution Diffusion</i>
<i>Driving force</i>	6 – 8.5 bar
Jenis pompa	<i>Diaphragm Pump</i>
Tekanan maximum	130 psi

Tabel 2 Spesifikasi Membran *Reverse Osmosis*

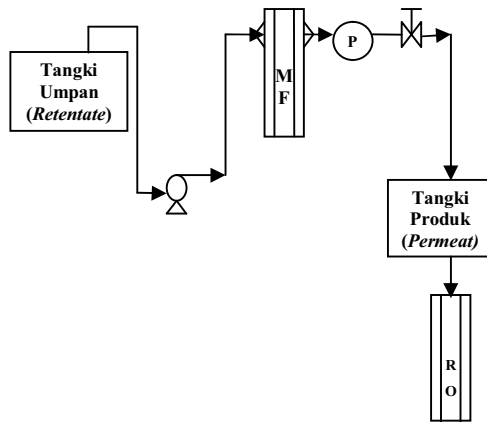
Spesifikasi	<i>Mikrofiltrasi</i>
Modul membran	<i>Tubular</i>
Bahan membran	Polimer
Ukuran pori	$0.3\ \mu\text{m}$
diameter luar	2.5 cm
diameter <i>channel</i>	0.15 cm
jumlah <i>channel</i>	20 buah
Panjang membrane	50 cm
Prinsip pemisahan	mekanisme <i>sieving</i>
<i>Driving force</i>	1 – 4 bar
Jenis pompa	<i>Diaphragm Pump</i>
Tekanan maximum	130 psi

### Peralatan percobaan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu:

1. Peralatan utama, digunakan untuk melangsungkan proses pemisahan, dan

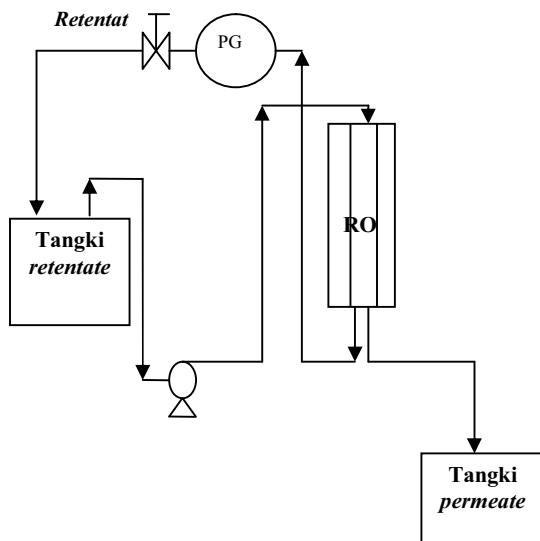
2. Peralatan pendukung , digunakan dalam persiapan pelaksanaan percobaan serta analisis



Gambar 1 Diagram Alir Proses Mikrofiltrasi

Keterangan Gambar 1:

1. PG : *Pressure Gauge*
2. MF : *Mikrofiltrasi*
3. RO : *Reverse Osmosis*



Gambar 2 Diagram Alir Proses Reverse Osmosis

Keterangan Gambar 2:

1. PG : *Pressure Gauge*
2. RO : *Reverse Osmosis*
3. Tangki *retentate* : produk susu sapi
4. Tangki *permeate* : air

#### Bahan

1. Susu sapi segar, dan
2. Aqua DM

#### Prosedur Percobaan

Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap yaitu:

1. Tahap pendahuluan
2. Tahap pemisahan dengan membran.
3. Tahap pencucian membran

#### Tahap Pendahuluan

Pada tahap ini dilakukan :

1. Mempersiapkan susu sapi segar
2. Merangkai seperangkat alat *mikrofiltrasi* dan *reverse osmosis*

#### Tahap Pemisahan dengan Membran

1. Tahap pemisahan dengan membran *mikrofiltrasi*
2. Tahap pemisahan dengan membran *reverse osmosis*

#### Tahap Pencucian Alat

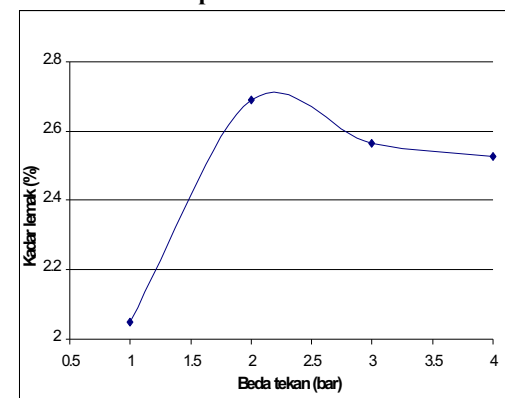
Bertujuan untuk membersihkan membran setiap selesai proses pemisahan

#### Analisis

Pada proses pengolahan susu sapi segar menggunakan membran *mikrofiltrasi* dan membran *reverse osmosis*. Analisis dari hasil *mikrofiltrasi* adalah kandungan lemak, kandungan protein, jumlah mikroorganisme, dan kadar air di dalam susu sapi yang terkandung dalam *permeate*, sedangkan analisis dari hasil *reverse osmosis* adalah kadar air yang terkandung dalam *retentate* .

#### Hasil Penelitian dan Pembahasan Proses Mikrofiltrasi

##### Pengaruh Beda Tekan terhadap Persen Kadar Lemak di permeate



Gambar 3 Kurva Pengaruh Beda Tekan terhadap Persen Kadar Lemak di permeate

Berdasarkan grafik di atas, pada beda tekan 1 bar diperoleh persen kadar lemak sebesar 20.04 %. Hal ini menunjukkan terjadi penurunan persen kadar lemak, dimana sebelum dilakukan proses *mikrofiltrasi* persen kadar

lemak pada susu sebesar 2.7 %. Tetapi ketika beda tekan dinaikkan menjadi 2 bar, persen kadar lemak pada susu hasil proses *mikrofiltrasi* naik kembali menjadi 2.68 % dan ketika beda tekan dinaikkan kembali menjadi 3 bar, persen kadar lemak pada susu dari hasil proses *mikrofiltrasi* turun menjadi 2.56 %. Hal ini juga terjadi penurunan pada beda tekan 4 bar, dimana persen kadar lemak pada susu hasil proses *mikrofiltrasi* sebesar 2.52 %.

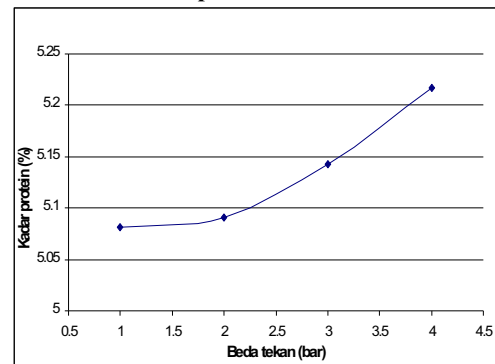
Secara teori persen kadar lemak hasil proses *mikrofiltrasi* harus turun dikarenakan ukuran molekul lemak lebih besar yaitu sebesar (0.1 – 22)  $\mu\text{m}$  dibandingkan ukuran pori membran *mikrofiltrasi* sebesar 0.3  $\mu\text{m}$  sehingga sebagian besar lemak akan tertahan dan susu yang dihasilkan dari proses *mikrofiltrasi* akan memiliki kadar lemak yang berkurang. Tetapi dari hasil penelitian yang dilakukan, susu yang dihasilkan dari proses *mikrofiltrasi* masih memiliki kandungan lemak yang cukup tinggi. Hal ini mungkin disebabkan lemak yang memiliki ukuran molekul lebih kecil dari ukuran pori membran 0.3  $\mu\text{m}$  jumlahnya relatif banyak sehingga masih banyak lemak yang lolos melewati membran *mikrofiltrasi*.

Perbedaan beda tekan yang digunakan pada proses *mikrofiltrasi* akan mempengaruhi persen kadar lemak pada susu yang dihasilkan dari proses *mikrofiltrasi*. Pada beda tekan 1 bar, persen kadar lemak pada susu yang dihasilkan mengalami penurunan dibandingkan persen kadar lemak pada susu sebelum dilakukan proses *mikrofiltrasi*. Hal ini disebabkan sebagian lemak yang memiliki molekul yang lebih besar akan tertahan di permukaan membran sebagai produk *retentate* dan sebagian lemak yang memiliki ukuran molekul yang lebih kecil akan lolos melewati membran sebagai produk *permeate*. Tetapi pada beda tekan 2 bar, persen kadar lemak pada susu naik. Namun kenaikan persen kadar lemaknya tidak sebesar persen kadar lemak awal sebelum dilakukan proses *mikrofiltrasi*, hal ini disebabkan dengan beda tekan yang semakin besar maka *fluks* yang dihasilkan akan semakin besar pula. Ini berarti akan semakin banyak molekul lemak yang berukuran lebih kecil dibandingkan ukuran pori membran yang dapat melewati membran sehingga dalam hal ini persen kadar lemak pada susu menjadi meningkat.

Pada beda tekan yang lebih besar lagi yaitu pada beda tekan 3 bar dan 4 bar, semakin besar beda tekan yang digunakan maka kadar lemak yang dihasilkan akan semakin rendah. Hal ini bertolak belakang dengan teori yang mengatakan bahwa semakin besar beda tekan maka *fluks*nya akan semakin besar. Hal ini disebabkan semakin tinggi *fluks*, *fouling* yang

terjadi di permukaan membran akan semakin besar. Ini bisa terlihat dari waktu jenuh yang dihasilkan dari penelitian ini, dimana semakin besar beda tekan maka waktu jenuhnya akan semakin pendek. Akibatnya semakin cepat waktu berhenti maka lemak yang berpindah ke *permeate* lebih sedikit sehingga lemak yang tertahan di permukaan membran lebih banyak dan persen kadar lemak yang dihasilkan pada proses *mikrofiltrasi* untuk beda tekan tersebut semakin rendah.

#### Pengaruh Beda Tekan terhadap Persen Kadar Protein di permeat

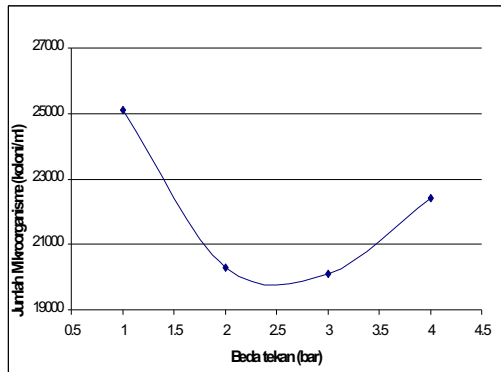


Gambar 4 Kurva Pengaruh Beda Tekan terhadap Persen Kadar Protein di permeat

Berdasarkan grafik di atas, pada beda tekan 1 bar diperoleh persen kadar protein sebesar 5.08 %. Hal ini menunjukkan terjadi peningkatan persen kadar protein, dimana sebelum dilakukan proses *mikrofiltrasi* persen kadar protein pada susu sebesar 5 %. Ketika beda tekan dinaikkan lagi menjadi 2 bar, persen kadar protein pada susu hasil proses *mikrofiltrasi* naik kembali menjadi 5.09 %, begitu juga dengan beda tekan 3 bar dan 4 bar, dimana persen kadar protein meningkat sebesar 5.14 % dan 5.21%.

Secara teori persen kadar protein hasil proses *mikrofiltrasi* harus tetap dikarenakan ukuran molekul protein lebih kecil ( lebih kecil dari ukuran molekul lemak, < 0.1  $\mu\text{m}$ ) dibandingkan ukuran pori membran *mikrofiltrasi* 0.3  $\mu\text{m}$  sehingga semua protein akan lolos melewati membran *mikrofiltrasi*. Dari hasil penelitian yang dilakukan, susu yang dihasilkan dari proses *mikrofiltrasi* pada masing-masing variasi beda tekan 1 bar sampai 4 bar, persen kadar proteinnya meningkat. Hal ini disebabkan semakin besar beda tekan, *fluks* akan semakin besar, *fouling* yang terjadi di permukaan membran semakin besar, maka waktu jenuhnya semakin pendek sehingga kadar protein akan meningkat seiring dengan menurunnya volume *permeate* hasil proses *mikrofiltrasi*.

### Pengaruh Beda Tekan terhadap Jumlah Mikroorganisme di permeat



Gambar 5 Kurva Pengaruh Beda Tekan terhadap Jumlah Mikroorganisme di permeat

Berdasarkan grafik di atas, pada beda tekan 1 bar jumlah mikroorganisme pada susu menjadi 25100 koloni/ml. Hal ini menunjukkan penurunan jumlah mikroorganisme pada susu, dimana sebelum dilakukan proses *mikrofiltrasi* jumlah mikroorganisme pada susu sebanyak 122000 koloni/ml. Ketika beda tekan dinaikkan lagi menjadi 2 bar, jumlah mikroorganisme pada susu berkurang menjadi 20300 koloni/ml. Begitu juga pada beda tekan 3 bar, jumlah mikroorganisme pada susu hasil *mikrofiltrasi* semakin berkurang menjadi 20100 koloni/ml. Tetapi pada beda tekan 4 bar, jumlah mikroorganisme pada susu meningkat yaitu sebanyak 22400 koloni/ml.

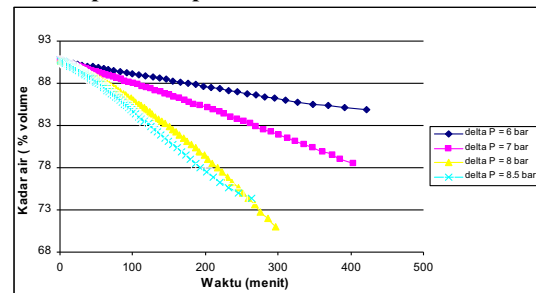
Secara teori jumlah mikroorganisme hasil proses *mikrofiltrasi* harus sedikit atau minimal. Hal ini dikarenakan ukuran mikroorganisme relatif lebih besar ( $0.5 - 5 \mu\text{m}$ ) dibandingkan ukuran pori membran *mikrofiltrasi*. Dari hasil penelitian yang dilakukan, masih ada kandungan mikroorganisme pada susu, hal ini disebabkan mungkin sebagian kecil dari mikroorganisme tersebut memiliki ukuran yang lebih kecil dari  $0.5 \mu\text{m}$  sehingga mikroorganisme pada susu masih ada yang lolos.

Perbedaan beda tekan yang digunakan pada proses *mikrofiltrasi* akan mempengaruhi jumlah mikroorganisme pada susu yang dihasilkan dari proses *mikrofiltrasi*. Pada beda tekan 1 bar, jumlah mikroorganisme pada susu yang dihasilkan mengalami penurunan dibandingkan jumlah mikroorganisme pada susu awal sebelum dilakukan proses *mikrofiltrasi*. Begitu juga dengan beda tekan 2 bar dan 3 bar dimana jumlah mikroorganisme pada susu menurun. Hal ini disebabkan sebagian besar mikroorganisme yang memiliki molekul yang lebih besar tertahan di permukaan membran. Tetapi dari hasil penelitian yang dilakukan pada beda tekan

lebih besar lagi yaitu pada beda tekan 4 bar, jumlah mikroorganisme yang dihasilkan pada proses *mikrofiltrasi* menjadi meningkat. Hal ini dikarenakan dengan beda tekan yang besar, *fluks* akan semakin besar maka ukuran mikroorganisme yang lebih kecil akan lebih banyak lagi yang terdorong sehingga mikroorganisme pada susu masih ada yang lolos melewati membran *mikrofiltrasi*.

### Proses Reverse Osmosis untuk Menentukan Bada Tekan Optimum

#### Hubungan Persen Kadar Air di permeat terhadap Waktu pada Variasi Bada Tekan



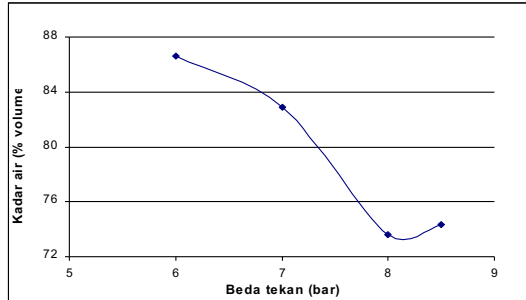
Gambar 7 Kurva hubungan persen kadar air di permeat terhadap waktu pada variasi beda tekan

Berdasarkan grafik di atas, pada beda tekan 6 bar, persen kadar air yang terkandung pada *retentate* hasil proses *reverse osmosis* susu sapi sebesar 84.84 % volume dengan waktu jenuh 422.42 menit. Pada beda tekan 7 bar, persen kadar air pada susu sapi sebesar 78.5 % volume dengan waktu jenuh 404.21 menit. Pada beda tekan 8 bar, persen kadar air pada susu sapi sebesar 70.97 % volume dengan waktu jenuh 296.33 menit. Pada beda tekan 8.5 bar, persen kadar air pada susu sapi sebesar 74.31 % volume dengan waktu jenuh 270 menit. Hal ini terlihat bahwa pada beda tekan 6 bar, 7 bar, dan 8 bar persen kadar air pada *retentate* hasil proses *reverse osmosis* menurun. Tetapi pada beda tekan 8.5 bar, persen kadar air pada *retentate* hasil proses *reverse osmosis* meningkat lagi. Peningkatan kadar air disebabkan *fouling* dipermukaan membran semakin banyak sehingga proses *reverse osmosis* berhenti lebih cepat yang mengakibatkan persen kadar air di *retentate* menurun atau air yang lolos ke *permeate* sedikit.

Secara teori semakin besar beda tekan, persen kadar air yang terdapat pada *retentate* hasil proses *reverse osmosis* akan semakin kecil dimana *driving force* yang semakin besar dan *fluks* semakin besar. Hal ini disebabkan semakin banyak air yang berpindah melewati

membran *reverse osmosis*. Tetapi dengan beda tekan yang semakin besar, pembentukan *fouling* dipermukaan membran akan semakin banyak, hal ini menyebabkan waktu jenuhnya semakin pendek.

#### Penentuan Beda Tekan Optimum



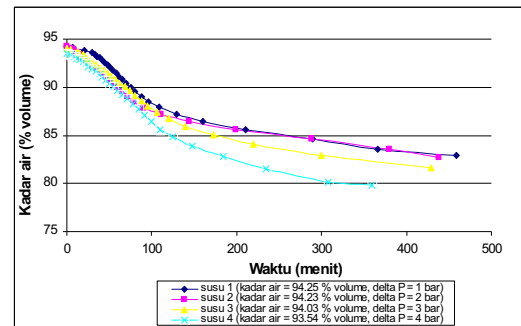
Gambar 8 Kurva Pengaruh Beda Tekan terhadap Persen Kadar Air di permeat pada Waktu 270 menit

Berdasarkan grafik di atas dengan waktu 270 menit, dari beda tekan 6 bar, 7 bar, dan 8 bar, persen kadar air pada *retentate* hasil proses *reverse osmosis* sebesar 86.60 % volume, 82.87 % volume, dan 73.58 % volume dimana terjadi penurunan % kadar air pada susu sapi. Tetapi pada beda tekan 8.5 bar, persen kadar air pada *retentate* hasil proses *reverse osmosis* naik kembali menjadi 74.31 % volume. Peningkatan kadar air disebabkan *fouling* dipermukaan membran semakin banyak sehingga proses *reverse osmosis* berhenti lebih cepat yang mengakibatkan persen kadar air di *retentate* menurun atau air yang lolos ke *permeate* sedikit.

Secara teori, semakin besar beda tekan, *fluks* akan semakin besar, *driving force* yang terjadi dipermukaan membran semakin besar maka penghilangan kadar air pada *retentate* hasil proses *reverse osmosis* semakin meningkat dan jumlah air yang dipisahkan semakin besar (persen kadar air pada *retentate* semakin kecil). Hal ini juga mengakibatkan *fouling* dipermukaan membran akan semakin banyak sehingga waktu jenuhnya akan semakin cepat. Untuk itu dapat diketahui bahwa beda tekan optimum adalah pada beda tekan 8 bar dimana menghasilkan kadar air paling rendah. Kadar air pada *retentate* hasil proses *reverse osmosis* yang dihasilkan untuk kondisi optimum pada waktu 270 menit adalah sebesar 73.58 % volume.

#### Proses *Reverse Osmosis* pada Beda Tekan Optimum 8 bar untuk Susu Hasil Proses *Mikrofiltrasi*

#### Hubungan Persen Kadar Air di permeat terhadap Waktu pada Beda Tekan Optimum 8 bar



Gambar 9. Kurva hubungan persen kadar air di permeat terhadap waktu pada beda tekan optimum 8 bar (masing-masing variasi beda tekan hasil proses *mikrofiltrasi* 1 bar, 2 bar, 3 bar, dan 4 bar)

Berdasarkan grafik di atas pada beda tekan optimum yang sama (beda tekan 8 bar), semakin lama waktu filtrasi maka akan menghasilkan persen kadar air yang rendah dimana terlihat pada masing-masing variasi susu hasil proses *mikrofiltrasi* yang memiliki kadar air yang berbeda-beda. Pada susu 1 dari hasil proses *mikrofiltrasi*, persen kadar air *retentate* hasil proses *reverse osmosis* sebesar 82.95 % volume. Pada susu 2 dan susu 3 hasil proses *mikrofiltrasi*, persen kadar air *retentate* hasil proses *reverse osmosis* menurun menjadi 82.66 % volume dan 81.63 % volume. Pada susu 4 hasil proses *mikrofiltrasi*, persen kadar air *retentate* hasil proses *reverse osmosis* turun lagi menjadi 79.8 % volume.

Jumlah padatan yang terkandung dalam susu 4 lebih banyak dibandingkan dengan susu yang lain, dan karena dilakukan pada beda tekan yang sama maka *fluks*nya juga sama. Susu yang memiliki kadar air yang paling rendah, padatannya lebih banyak dan cenderung mengalami *fouling* lebih banyak yang mengakibatkan waktu jenuhnya akan semakin pendek. Demikian pula persen kadar air yang dihasilkan untuk susu yang umpan awalnya memiliki kandungan air yang relatif lebih sedikit untuk beda tekan yang sama (*fluks* sama akan menghasilkan persen kadar air lebih sedikit seperti yang terlihat pada gambar di atas).



## Komposisi Susu Hasil Proses *Mikrofiltrasi* dan *Reverse Osmosis*

**Tabel 3. Komposisi Susu Hasil Proses *Mikrofiltrasi* dan *Reverse Osmosis***

	Produk susu (retentate proses <i>reverse osmosis</i> )		
	Kadar air (% volume)	Kadar lemak (%)	Kadar protein (%)
Susu I	82.95	2.76	6.26
Susu II	82.66	2.77	6.30
Susu III	81.63	2.91	6.45
Susu IV	79.8	2.96	6.96

Dari tabel di atas terlihat bahwa persen kadar air menurun dikarenakan umpan susu 4 memiliki persen kadar air sebelumnya lebih rendah. Untuk kadar lemak dan kadar protein susu 4 memiliki persen kadar lemak dan persen kadar protein yang lebih besar dikarenakan persen padatan yang didalamnya terdapat lemak dan protein lebih besar dibandingkan susu 1, susu 2, dan susu 3.

Persen kadar lemak dan kadar protein susu awal sebelum proses *mikrofiltrasi* adalah sebesar 2.73 % dan 5.17 % dengan persen kadar air sebesar 90.75 % volume. Dari hasil proses *reverse osmosis* diperoleh persen kadar lemak dan kadar protein cenderung meningkat dikarenakan persen kadar air akhir dari susunya menurun, tetapi jumlah lemak dan protein yang terdapat pada susu hasil proses *reverse osmosis* seharusnya sama atau tidak berubah dibandingkan dengan susu awal sebelum proses *reverse osmosis* yang tidak lain merupakan komposisi susu dari hasil proses *mikrofiltrasi*. Hal ini bisa diartikan persen kadar lemak yang tidak terlalu tinggi, persen kadar protein yang tinggi, persen kadar air yang rendah dibandingkan dengan komposisi susu per 100 gram susu sapi segar dari literatur yang memiliki kadar lemak sebesar 3.5 % dalam 100 gram susu sapi segar, kadar protein sebesar 3.2 % dalam 100 gram susu sapi segar, dan kadar air sebesar 88.3 % dalam 100 gram susu sapi segar.

### Kesimpulan

1. Hasil dari proses *mikrofiltrasi* diperoleh susu dengan kadar lemak yang lebih rendah, kadar protein yang tinggi, dan jumlah mikroorganisme yang minimal.
2. Beda tekan kerja optimum dari proses *reverse osmosis* yang menghasilkan kadar air paling rendah diperoleh pada beda tekan 8 bar.

3. Pada proses *mikrofiltrasi* dan proses *reverse osmosis*, semakin besar beda tekan, *fluks* akan semakin besar, maka *fouling* dipermukaan membran akan semakin banyak, hal ini mengakibatkan waktu jenuhnya semakin pendek.
4. Susu terbaik yang dihasilkan dari penelitian ini diperoleh pada kondisi *mikrofiltrasi* dengan beda tekan 4 bar dan *reverse osmosis* pada beda tekan 8 bar dengan komposisi kandungan gizi pada susu yang memiliki kadar lemak yang tidak terlalu tinggi yaitu sebesar 2.96 %, kadar protein yang tinggi sebesar 6.96 %, dan kadar air yang rendah sebesar 79.8 % volume.

### Pustaka

- Aspiyanto, Mahyudin Abdul Rachman, 2005, "*Potensi Teknologi Membran Dalam Proses Pembuatan Susu Rendah Lemak Sebagai Alternatif Pengganti Pasteurisasi*", Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Daya Saing Nasional Melalui Pemanfaatan Sumber Daya Alam untuk Pengembangan Produk dan Energi Alternatif.
- Cherryan, M., 1986, "*Ultrafiltration Handbook*", Technomic Publ. Co
- Mulder, M., 1996 "*Basic Principles of Membrane Technology*", Kluwer Academic Publisher, Dordrecht
- Puwiyatno Hariyadi., 2005, "*Teknologi Mikrofiltrasi*". Departement of Food Science and Technology IPB, Bogor
- Ronny Kurniawan, Angga Ryadi, Johan, 2005, "*Pemekatan Susu Sapi Dengan Proses Reverse Osmosis*", Prosiding Seminar Nasiona Tjpto Utomo Itenas.
- Wenten, I.G., 1995, "Mechanism and Control of Fouling in Crossflow Microfiltration", *J.Filtration and Separation*, Elsevier